

DE 19627061

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011057598    \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1997-035523/199704

XRAM Acc No: C97-011087

XRPX Acc No: N97-029857

Deformation member for energy absorption in motor vehicle - comprises fibre composite tubular member which is turned over at its free end by component with concave channel

Patent Assignee: AUDI AG (NSUM )

Inventor: HALDENWANGER H

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19627061	A1	19961128	DE 1027061	A	19960705	199704 B
DE 19627061	C2	19980129	DE 1027061	A	19960705	199808

Priority Applications (No Type Date): DE 1027061 A 19960705

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	--------	----------	--------------

DE 19627061	A1	6	F16F-007/12	
-------------	----	---	-------------	--

DE 19627061	C2	6	F16F-007/12	
-------------	----	---	-------------	--

Abstract (Basic): DE 19627061 A

In a motor vehicle, a deformation member for energy absorption comprises a tubular section (5) made of a fibre composite of C or glass fibres and aramid fibres. The tubular section is positioned adjacent to a component (7) having concave channel (11) which causes the section to be turned round, thus absorbing energy. The free end of the tube can be turned successively, so that the turned over sections overlap each other.

Pref. the wall thickness of the tubular section reduces at its free end, partic. by tapering towards the concave channel. A fixing flange may be formed on the hollow channel component.

ADVANTAGE - High degree of energy conversion in lightweight component

Dwg.3/4

Title Terms: DEFORM; MEMBER; ENERGY; ABSORB; MOTOR; VEHICLE; COMPRISE; FIBRE; COMPOSITE; TUBE; MEMBER; TURN; FREE; END; COMPONENT; CONCAVE; CHANNEL

Derwent Class: A88; Q17; Q63

International Patent Class (Main): F16F-007/12

International Patent Class (Additional): B60R-019/26; B60R-019/34

File Segment: CPI; EngPI





⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 196 27 061 A 1

⑯ Int. Cl. 8:  
**F16F 7/12**  
B 60 R 19/28  
B 60 R 19/34

**DE 196 27 061 A 1**

⑯ Aktenzeichen: 196 27 061.8  
⑯ Anmeldetag: 5. 7. 96  
⑯ Offenlegungstag: 28. 11. 96

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG.

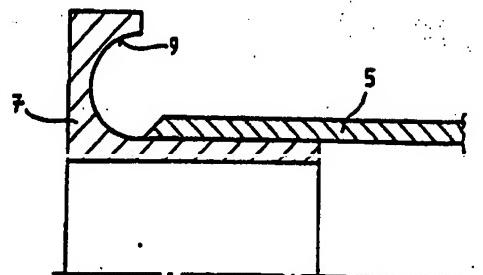
⑯ Anmelder:  
Audi AG, 85057 Ingolstadt, DE

⑯ Erfinder:  
Haldenwanger, Hans-Günther, Dipl.-Ing., 85055  
Ingolstadt, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Deformationselement

⑯ Ein Deformationselement umfaßt einen aus Kohlenstofffasern und Aramidfasern bestehenden Rohrschnitt (5), welcher zur Energieumwandlung nach dem Stülpprinzip verformbar ist. Zur Einleitung des Umstülpvorganges schließt sich an das freie Rohrende ein Bauteil (7) mit einer konkaven, den äußeren Stülpradius bestimmenden Hohlkehle (11) an. Bevorzugt ist der Rand des Rohrabschnittes (5) in Richtung zur Hohlkehle (11) hin abgeschrägt, wodurch die anfängliche Umfangskraft beim Verformen des Rohrschnittes (5) reduziert wird.



**DE 196 27 061 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Deformationselement gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Deformationselemente werden im Fahrzeugbau in den vielfältigsten Bauteilen und an verschiedenen Stellen eingesetzt. Meist bestehen diese energieabsorbierenden Bauteile aus Stahl oder Aluminiumblech bzw. Alu-Strangpreßprofilen. Im Front- oder Heckbereich eines Fahrzeugs eingesetzt, hat sich für die Deformationselemente ein rohrförmiger Aufbau bewährt, welcher eine Verformung nach dem Stülpprinzip oder dem sog. Faltbeulen zuläßt.

Bei Fahrzeugen werden für andere Zwecke auch Rohrabschnitte aus Faserverbundwerkstoff eingesetzt. Sie dienen beispielsweise bei allradgetriebenen Fahrzeugen zur Kraftübertragung von einem frontzeitigen Antriebsaggregat auf das hintere Differential. Diese sehr steifen Rohre können zur Folge haben, daß bei einem Frontaufprall für den Insassen höhere Belastungen auftreten, als dies bei einem vergleichbaren, jedoch frontgetriebenen Fahrzeug der Fall ist. Der Grund für diese Beobachtung ist wohl darin zu sehen, daß nach einem bestimmten Verformungsweg das Antriebsaggregat am Hindernis ansteht und über das Antriebsrohr und die daran festgelegten heckseitigen Bauteile das Karosserieheck sozusagen festgehalten wird. Um diesen Effekt zu beseitigen, gibt es verschiedene Maßnahmen, die eine Zerstörung des Rohres bei einem Frontaufprall zur Folge haben. Besteht das Rohr aus Kohlefasern, dann kann ein sog. "Faßbeulen" und darüber die Zerstörung des Rohres wirkt werden. Die Kohlefasern vermögen die auftretende Verformung nicht auf zunehmen, so daß sie an der entsprechenden Stelle brechen (zerbröseln). Ein aus Glasfasern hergestelltes Rohr mit einer Matrix aus Epoxidharz erfordert zur Einleitung der Zerstörung einen Trigger. Dieser kann durch kleine, bei höheren Axialkräften wirksamen Keilen erzeugt werden. Die Keile durchtrennen einen Teil der Fasern, wodurch die Zerstörung des gesamten Rohres eingeleitet wird. Dabei spleißen ein Teil der Fasern auf, der andere Teil wird ohne nennenswerte Energieumwandlung umgestülpt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein rohrförmiges Deformationselement zu schaffen, welches bei geringerem Gewicht ein höheres Maß an Energieumwandlung bei einem günstigen Kraft-Weg-Verlauf ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Das neue Deformationselement besteht aus einem Faserverbund aus Kohlenstofffasern und Aramidfasern. Alternativ können anstelle der Kohlenstofffasern auch Glasfasern, ggf. im Verbund mit Aramidfasern, Verwendung finden. Versuche haben ergeben, daß letztere keinen Gewichtsvorteil ergeben, jedoch eine höhere Energieaufnahme möglich ist.

Als Matrix, sowohl in Verbindung mit Kohlenstofffasern, als auch in Verbindung mit Glasfasern, wird bevorzugt Epoxidharz (Vinylesterharz, Polyesterharz) eingesetzt. Alternativ ist eine Thermoplastmatrix (z. B. Polypropylen, Polyamid und weitere) möglich.

Der Kohlenstoff-Aramid-Hybridverbund weist ideale Voraussetzungen für ein Deformationselement auf. Während Kohlefaser relativ hohe Kräfte aufnehmen kann, ermöglicht Aramidfaser eine große Biegespannung (z. K. Kohlefaser etwa 0,3%; z. Aramidfaser etwa 30%). Dieser Faser-Mischverbund ermöglicht es die

Energieumwandlung durch Umstülpfen eines daraus hergestellten Rohrabschnitts zu bewirken. Die neue Art der Energieumwandlung ist besonders vorteilhaft. So läßt sich das vorgeschlagene Hybridrohr wesentlich besser als Blechrohre abstimmen. Neben den auch bei Blechrohren natürlich möglichen Bemessungen, kann das Verhalten zusätzlich über den Faservolumenanteil der Kohlenstofffasern bzw. Aramidfasern (mittels Rovinganzahl einstellbar), durch die Dichte der Rovings und das Matrixsystem abgestimmt werden.

Außerdem ist — selbst gegenüber Aluminiumrohren — eine erhebliche Gewichtsreduzierung durch den Einsatz des neuen Deformationselementes gegeben. Praktische Versuche haben Gewichtseinsparungen von 35 bis 40% bei höherer Energieaufnahme nachgewiesen.

Durch das vorgeschlagene Deformationselement in Mischverbundweise wird jedoch auch ein fast idealer Kraftverlauf und ein höheres Energieabsorptionsvermögen erzielt. Die durchgeföhrten Versuche haben gezeigt, daß in den Kraft-Weg-Diagrammen der bei Metallrohren zu beobachtende Anfangspeak nicht auftritt. Vielmehr ergibt sich ein angenähert rechteckiger Verlauf, der durch den Verbund der beiden unterschiedlichen Fasern begründet ist. So brechen beim Umstülpfen des Rohres ein Teil der Kohlenstofffasern, während die Aramidfasern nur umgebogen werden. Der Ablauf ist jedoch lang und wesentlich komplexer. Die ablaufenden Vorgänge sind nicht nur der Grund für den angestrebten günstigen Kraft-Weg-Verlauf, sondern auch für das höhere Energieaufnahmevermögen. Beim Umstülpfen des Rohrabschnitts werden nicht nur Biege- und Reibarbeit geleistet, sondern u. a. auch Arbeit, die zur Delamination der Schichten und zur Zerstörung der Kohlenfasern und der Matrix notwendig sind.

Bei Verwendung des vorgeschlagenen Deformationselementes im Fahrzeugbau sollte dieses so ausgelegt werden, daß es erst ab einem bestimmten Kraftniveau reagiert. Der darunterliegende Bereich wird gewöhnlich durch Pralldämpfer oder sog. Typschadenelemente abgedeckt. Damit wird die gesetzlich vorgegebene Bestimmung erfüllt, daß etwa ein Stoßfängeraufprall mit 5 km/h zu keinen bleibenden Verformungen der Karosserie führt. Erst bei darüber hinausgehenden Belastungen sollte das erfundungsgemäße Deformationselement ansprechen. Außerdem wäre zu beachten, daß das Kraftniveau bei der Verformung des Crashelements einen Wert nicht übersteigt, bei dem sich die an das Crashelement anschließende Struktur der Karosserie verformt. Durch die vorgeschlagene neue Lösung, welche einen angenähert rechteckigen Kraft-Weg-Verlauf ermöglicht, ist es nicht schwierig, bei einem größtmöglichen Energieabsorptionsvermögen die vorgegebene Bandbreite optimal auszunutzen.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung soll sich zum Einleiten des Umstülpvorganges an das freie Rohrende des Deformationselementes ein Bauteil mit einer konkaven, den äußeren Stülpradius bestimmenden Hohlkehle anschließen. Dadurch wird ein Krafteinleitungssegment geschaffen, welches zuverlässig die Kräfte in den Rohrabschnitt einleitet und dafür Sorge trägt, daß der Umstülpvorgang in genau vorgegebener Weise abläuft. Insbesondere wird der Stülpradius definiert und dadurch das vorgegebene Kraftniveau reproduzierbar.

Vorteilhaft ist, wenn an das die Hohlkehle aufweisen die Bauteil (Krafteinleitungssegment) ein Befestigungsflansch angeformt ist. Dieser Befestigungsflansch kann beispielsweise zur Aufnahme eines Stoßfängers dienen.

Zur Reduzierung der Baulänge des Deformationsele-

ments kann dieses so ausgestaltet sein, daß das freie Ende des umgestülpten Rohrabschnitts nochmals umgestülpt wird, derart, daß die umgestülpten Rohrabschnitte einander überlappen. Dazu ist es notwendig, daß ein zweites Krafteinleitungselement, zweckmäßig ebenfalls mit einer Hohlkehle, vorgesehen wird. Das zweite Krafteinleitungselement kann Bestandteil der Halterung für den Rohrabschnitt, beispielsweise am Aufbau des Fahrzeuges, sein.

Wenn das freie Rohrende umgestülpt ist, dann gleitet es im weiteren Bewegungsablauf zunächst auf der Außenseite des noch nicht umgestülpten Rohrabschnitts bis es in die Einrichtung zum Umstülpen in entgegengesetzter Richtung eintritt. Wurde der Rohrabschnitt darin ein zweites Mal umgestülpt, dann liegt er schalenförmig auf demjenigen Rohrabschnitt, der nur einmal umgestülpt wurde. Der Überlappungsbereich entspricht in etwa dem Baulängengewinn beim zweimaligen Umstülpen gegenüber einer Baulänge, wenn nur einmal umgestülpt wird.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Wandstärke des Rohrabschnitts zu seinem freien Ende hin abnimmt. Dies kann bevorzugt dadurch geschehen, daß die Wandung des Rohrabschnitts in Richtung zum Hohlkehle hin abgeschrägt ist. Diese Materialausnutzung zum Rohrende hin bildet einen Trigger für den Umstülpvorgang. Je geringer die Wandstärke ist, desto kleiner ist auch die notwendige Umlangskraft zum Aufweiten des Rohrabschnitts. Das Umstülpen wird demnach günstig durch eine geringere Kraft eingeleitet.

Bevorzugt ist der aus Faserverbundwerkstoff hergestellte Rohrabschnitt mit dem die Hohlkehle aufweisenden Bauteil zu einer Baugruppe verbunden. Dadurch ergibt sich nicht nur eine einfache Montage, vielmehr wird die genaue Zuordnung des Rohrabschnitts zu der Hohlkehle sichergestellt. Zur Verbindung des Rohrabschnitts mit dem Bauteil können an sich bekannte Techniken (Nietung, Klebung) Verwendung finden. Die Scherkraft läßt sich einfach durch die Bemessung und Zahl der Nieten bzw. durch die Einstellung der Kleverbinding festlegen. Erst wenn die Scherkraft überwunden ist, kann der Umstülpvorgang beginnen.

Da die Hohlkehle aufweisende Bauteil (Krafteinleitungselement) einen an die Innenkontur des Rohrabschnitts angepaßten Fortsatz aufweisen, auf den der Rohrabschnitt aufgeschoben und befestigt ist. Der Fortsatz dient der Führung des Rohrabschnitts beim Umstülpen und bildet die Basis zur Verbindung der beiden Bauteile.

Soll die Verbindung mittels Klebung erfolgen, dann kann der Fortsatz mit Taschen zur Aufnahme des Klebers versehen sein.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der Fortsatz zumindest abschnittsweise über den Befestigungsbereich für den Rohrabschnitt hinaus nach innen weitergeführt sein. Durch diesen eine Führung für den Rohrabschnitt darstellenden Fortsatz wird gewährleistet, daß auch bei einem Schrägaufprall der Rohrabschnitt umgestülpt wird. Es hat sich gezeigt, daß selbst dann, wenn bei einem ungünstigen Schrägaufprall das bekannte Knickbeulen auftreten sollte, trotzdem ein Umstülpen stattfindet.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß durch das vorgeschlagene Deformationselement die Forderungen an ein derartiges Bauteil besonders gut erfüllt werden. Die neue Materialkombination erlaubt erstmalig die Anwendung des Stulpverfahrens b in einem Rohr in Faserverbundbauweise. Das neue Deformationselement

ist wesentlich leichter als vergleichbare Bauteile aus Aluminiumblech.

Der neue Aufbau gewährleistet außerdem ein höheres Energieabsorptionsvermögen. Die in dem Krafteinleitungselement ausgebildete Hohlkehle stellt eine stetige Aufweitung des Rohrabschnitts zu Beginn des Umstülpvorganges sicher, wodurch keine ausgeprägte Peiklast auftritt.

Das Vorschein eines Triggers, beispielsweise eines 30 Grad-Bevel-Triggers, gewährt ein progressives Versagen während des Verformungsvorganges.

Die oben angesprochenen Kriterien lassen sich durch die Wahl entsprechender Parameter beim Aufbau des Rohrabschnitts, seiner Verbindung mit dem Krafteinleitungselement, bei der Ausgestaltung des Triggers und der Hohlkehle sehr gezielt beeinflussen.

Aufführungsbilder der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 einen Schnitt durch ein nur teilweise dargestelltes, symmetrisch aufgebautes Deformationselement im Ausgangszustand.

Fig. 2 das Deformationselement aus Fig. 1 nach einer crumplebedingten Einwirkung.

Fig. 3 ein weiteres Beispiel, wobei der Rohrabschnitt des Deformationselementes zweimal umgestülpt wird und

Fig. 4 ein Beispiel ähnlich demjenigen aus Fig. 1, jedoch in besonderer Weise an einen Schrägaufprall angepaßt.

Ein in den Fig. 1 und 2 im Prinzip dargestelltes Deformationselement weist einen Rohrabschnitt 5 auf, welcher ein Bauteil 7 teilweise umschließt.

Der Rohrabschnitt 5 ist durch einen Faserverbund aus Kohlenstofffasern und Aramidfasern gebildet. Die Herstellung kann beispielsweise im Naßwickelverfahren durch gleichzeitige Ablage von Faserrovings erfolgen. Die Wandung des Rohrabschnitts 5 ist an seinem freien Ende so abgeschrägt, daß zu dem umschlossenen Bauteil ein Winkel von etwa 30% gegeben ist.

Das Bauteil 7 hält und führt den Rohrabschnitt 5. Darüber hinaus ist das Bauteil 7 mit einer umlaufenden Hohlkehle 9 versehen. Die Hohlkehle 9 dient dazu, daß bei Beaufschlagung des Deformationselementes mit einer entsprechend großen Kraft der Endbereich des Rohrabschnitts 5 nach außen hin umgestülpt wird. Dieser Zustand ist in Fig. 2 dargestellt. Dabei kommt der Abschrägung am Rohrabschnitt 5 die Aufgabe eines Triggers zu, während die Hohlkehle 9 ein Krafteinleitungselement bildet. Der Trigger verringert die Umlangskraft zum Aufweiten des Rohrabschnitts 5 beim beginnenden Umstülpen.

Fig. 3 zeigt eine abgewandelte Bauform mit einer zweiten Hohlkehle 11. Diese bewirkt, daß der bereits an der Hohlkehle 9 umgestülpte Rohrabschnitt 5 ein zweites Mal umgestülpt wird, wodurch sich die verformten Rohrabschnitte teilweise überlappen. Durch die beschriebene Maßnahme läßt sich in axialer Richtung des Deformationselementes Bauraum einsparen. Die Einsparung entspricht dabei in etwa dem Überlappungsbereich der verformten Rohrabschnitte.

Schließlich zeigt Fig. 4 eine Bauform, welche in besonderer Weise zur Aufnahme eines Schrägaufpralls ausgebildet ist. Dazu ist das Bauteil 7 über den Befestigungsbereich des Rohrabschnitts 5 mit einem Fortsatz 13 versehen, welcher nach innen gewölbt verläuft. Der Fortsatz 13 stellt sicher, daß auch bei einem Schrägaufprall das vordere Ende des Rohrabschnittes 5 in die

Hohlkehle 9 gelangt und dort umgestülpt wird.

Fig. 4 zeigt außerdem eine mögliche Verbindung zwischen dem Rohrabschnitt 5 und dem Bauteil 7. Zu diesem Zweck sind an dem Bauteil 7 über den Umfang verteilt mehrere Taschen 13 zur Aufnahme eines Klebers 17 vorgesehen. Die Scherkräfte des Klebers sind so bemessen, daß die Klebverbindung bei einer vorgegebenen Kraft zerstört wird, wodurch eine Einleitung des Umstülpvorganges für den Rohrabschnitt 5 verbunden ist.

Außerdem weist das Bauteil 7 einen Befestigungsflansch 19 mit Bohrungen 21 auf. An den Befestigungsflansch 19 läßt sich das krafteinleitende Bauteil, beispielsweise ein Stoßfänger, befestigen.

#### Patentansprüche

1. Deformationselement, umfassend einen aus Faserverbundwerkstoff hergestellten Rohrabschnitt, dadurch gekennzeichnet, daß der Faserverbund <sup>20</sup> aus Kohlenstoff- oder Glassfasern und Aramidfasern besteht, daß die Energieumwandlung durch Umstülpen des Rohrabschnitts (5) erfolgt, und daß zum Einleiten des Umstülpvorganges sich an das freie Rohrende ein Bauteil (7) mit einer konkaven, <sup>25</sup> den äußeren Stulpadius bestimmenden Hohlkehle (11) anschließt.
2. Deformationselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das freie Ende des umgestülpten Rohrabschnitts (5) nochmals umgestülpt wird, <sup>30</sup> derart, daß die umgestülpten Rohrabschnitte einander überlappen.
3. Deformationselement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke des Rohrabschnitts (5) zu seinem freien Ende hin abnimmt. <sup>35</sup>
4. Deformationselement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandung des Rohrabschnitts (5) in Richtung zur Hohlkehle (11) hin abgeschrägt ist.
5. Deformationselement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrabschnitt (5) mit dem die Hohlkehle (11) aufweisenden Bauteil (7) zu einer Baugruppe verbunden ist.
6. Deformationselement nach Anspruch 5, dadurch <sup>45</sup> gekennzeichnet, daß das Bauteil (7) einen an die Innenkontur des Rohrabschnitts (5) angepaßten Fortsatz (13) aufweist, auf den der Rohrabschnitt (5) aufgeschoben und befestigt ist.
7. Deformationselement nach Anspruch 6, dadurch <sup>50</sup> gekennzeichnet, daß der Fortsatz (13) Taschen (15) zur Aufnahme eines Klebers (17) aufweist.
8. Deformationselement nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Fortsatz (13) zu mindest abschnittsweise über den Befestigungsbe- <sup>55</sup> reich für den Rohrabschnitt (5) hinaus nach innen gewölbt weitergeführt ist.
9. Deformationselement nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß an das die Hohlkehle (11) aufweisende Bauteil (7) ein Befesti- <sup>60</sup> gungsflansch (19) angeformt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1 \*

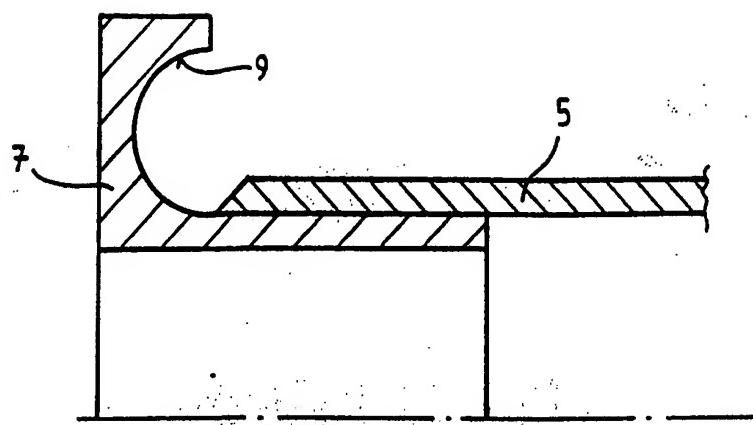


FIG. 2

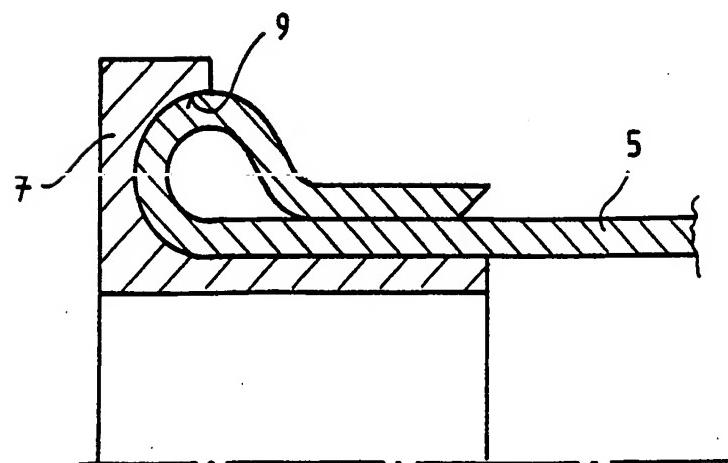


FIG. 3

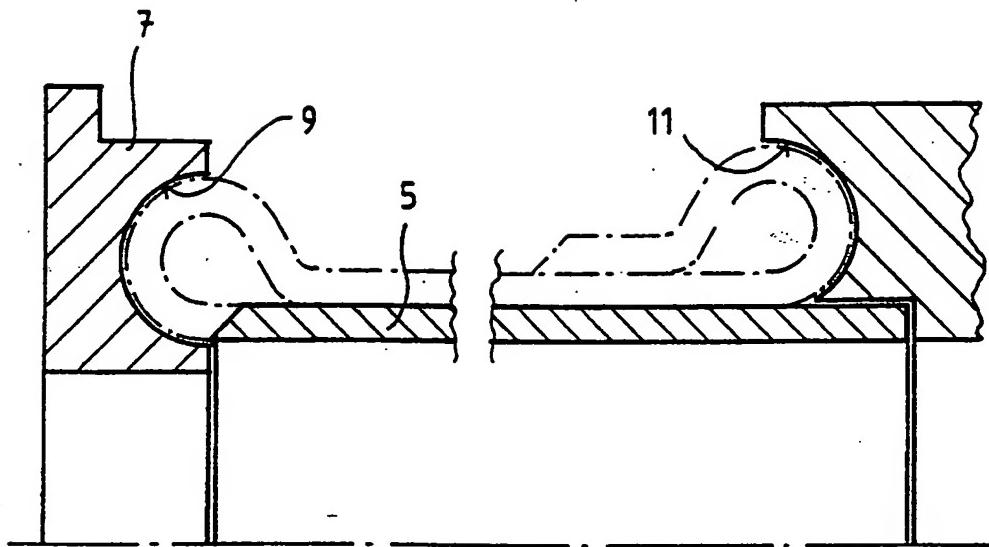


FIG. 4

